

계층적 GIS분석 모델링에 의한 주거지개발 적지선정

Location Selection for Residential Development with AHP and GIS Analysis Modeling Method

한승희
공주대학교 건설환경공학부

Seung-Hee Han(shhan@kongju.ac.kr)

요약

적지선정은 이용목적에 적합한 공간 또는 속성조건을 인자로 정하고 이를 만족하는 지역을 선정하는 것으로 체계적으로 수행되어야 한다. 본 연구는 계층적 분석과정과 GIS분석 모델링 방법을 이용하여 주거지 개발의 합리적인 적지선정을 시도한 것이다. 연구에서 적지선정을 위해 공간적·속성적 분석방법을 계층화 하였으며 단계 별 효율적 결과도출을 위해 GIS분석 모델을 사용하였다. 다음 단계로, 적지선정 조건과 의사결정요소들을 유기적으로 고려하여 정량적·정성적인 평가지표를 만들고 요소들의 경중에 따라 가중치를 적용하였다. 특히, 주관적 평가요소인 경관에 대한 심미적인 요소를 반영하기 위해 3차원 지형모델의 시뮬레이션기법을 사용하였으며 계층적기법을 도입한 정성적인 평가요소로 고려하였다. 연구결과, 계층적 GIS모델분석으로 신속, 정확하게 복합적인 요구조건을 만족하는 적지를 선정할 수 있었다.

■ 중심어 : | 공간정보 모델링 | 계층적 분석 | 적지분석 |

Abstract

Selecting a suitable place is to determine the attributive conditions and qualified areas for the aim as factors and is to be fulfilled systematically for selecting the area which satisfies all these. This research tries to achieve a rational suitability analysis of residential development using the GIS modeling method and the hierarchical analysis process. A spatial and attributive analysis has been systematized for selecting a suitable place for the study and GIS analysis model has been used for the effective conclusion drawing for different levels. As a next step, a quantitative and qualitative evaluation index was created through complex consideration of the criteria and decision factors of the location selection, and weights were added depending on the relative importance of these factors. In particular, 3D terrain model simulation method has been used in order to reflect the aesthetic factors of the scenery which is an element of the subjective evaluation factors and considered qualitative and subjective evaluation factors which were not considered for the existing AHP technique. After the research, a location that satisfies complex requirements was found rapidly and accurately through the GIS model and hierarchical analysis.

■ keyword : | GIS Modeling | APH Analysis | Location Analysis |

* 본 논문은 한국콘텐츠학회 ICC2010 국제학술대회 우수논문입니다.

접수번호 : #110215-007

심사완료일 : 2011년 04월 07일

접수일자 : 2011년 02월 15일

교신저자 : 한승희, e-mail : shhan@kongju.ac.kr

I. 서론

공간에서 일어나는 현상들을 분석하는데 모델을 본격적으로 사용하기 시작한 것은 1950년대 후반 이후이다. 농업입지 설명을 위한 튜넨의 고립국모델(isolated state model)[1], 공업입지시설에서 베버의 개념을 발달시킨 입지-배분모델(location-allocation model), 지역간 상호작용을 측정하기 위한 중력모델(gravity model)[2], 시·공간상으로 확산되어가는 현상을 설명하기 위한 확산모델(diffusion model) 등이 있다.

모델링을 사용하는 이유는 복잡한 실세계를 단순화시키고 일반화 시킬 수 있기 때문이다. 모델링의 개념은 Tomlin 과 Berry(1979)가 사용한 지도학적 모델링 개념에서 출발하였으며[3] Tomlin은 모델링은 해답을 찾기 위해 원시데이터와 커버리지들에 순차적으로 다양한 지도연산기능을 적용하는 일련의 집합이라고 정의하였다[4]. 적지선정의 평가는 우선순위를 결정하기 위해 정량적 혹은 정성적인 평가기준을 고려해야 하는데 이러한 문제에 대한 해법을 제시해줄 수 있는 것이 계층분석과정(AHP; Analytic Hierarchy Process)이다. 계층분석은 Tomas.L.Saaty에 의해 개발된 기법으로 복수의 판단기준을 토대로 하여 몇 개의 대안 중에서 최선의 안을 선택하는 의사결정기법이다[5].

계층적 분석기법을 이용하여 적지분석을 실시한 사례는 “의약품물류센터의 최적입지선정[6], 계층분석법(AHP)를 이용한 어린이 보호구역의 교통안전 특성화[7], 2004년 Niaraki는 GIS를 이용 도로망의 비용모델에 관한 연구에서 계층적 분석기법을 이용하였으며[8] 2008년에는 Roh 등이 도로의 최적노선선정 시 계층적 분석방법을 적용하였고 경사, 토질, 토지이용, 도로망에 대한 가중치를 적용하였다[9]. 그러나 기존의 연구들은 객관적인 정량적 평가에 한정된 것이었다. 적지선정 시 평가지표는 주관적인 지표가 있을 수 있으며 정관의 심미적인 판단이 그 예이다. 본 연구에서는 이를 위해 대상후보지역의 3차원 모델링을 구축하고 이를 전문가에게 시연함으로써 주관적인 평가지표를 추가하였다. 적지선정을 보다 효과적으로 수행하기 위해 계층적 분석방법에 기초한 계층도를 구축하였으며 속성 및 공간분

석과 대안도출을 효율적으로 하기 위해 GIS분석 모델을 만들어 체계적으로 적지선정을 진행하였다.



그림 1. 연구대상지역

II. 연구내용

주거지 개발 대상지로 천안시 유량동 일대를 선택했는데 이는 토지이용 면에서 기존 시가지 외곽으로써 임야, 전, 답이 많으며 적당한 경사의 사면 지역으로 개발의 여지가 높은 지역이기 때문이다. 본 연구에 활용한 GIS데이터는 [표 1]과 같다.

표 1. GIS데이터 수집

명칭	발행기관	축척
수치지형도	국토지리정보원	1:1,000
수치지적도	천안시	1:1,200
도시기본계획도	천안시	1:5,000
공시지가 DB	KLIS	-
항공영상	새한항공	1:5,000

*KLIS(Korea Land Information System)한국토지정보시스템

1. 계층도

계층적 분석의 문제해결 접근방식을 단계 별로 제시하고 사례에 적용하여 대안들 간의 우선순위 결정 및 가중치 선정문제를 체계적으로 해결하고자 적지선정 후보지의 조건으로 목표를 다음과 같이 정의하였다.

표 2. 적지선정 조건

항목	조건	항목	조건
거주지	200m이격	향	S,E,W,SE,SW
도로	300m이내	경사	20%이내
협오시설	300m이격	면적	30,000m ² 이상
지목	임야,전,답	보호구역	제외

적지선정 시 고려되는 항목들이 [표 2]에 제시된 것 이외에 여러 항목이 있을 수 있지만 본 연구에서는 도시계획적인 면, 경제적인 면, 접근성 면, 지형적인 면을 고려하여 [그림 2]와 같이 단계 별 평가기준 및 대안도출에 대한 계층도를 작성하였다.

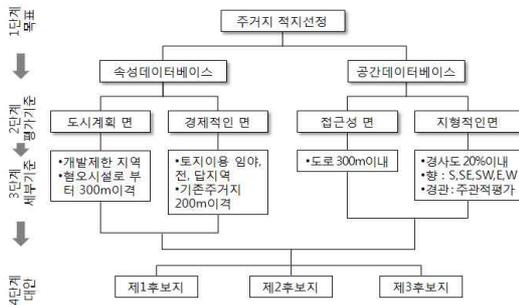


그림 2. 적지선정을 위한 계층도

이상의 조건으로 얻어진 후보지역에 대해서는 경관 분석에 대한 심미적인 요소를 고려하기 위해 3차원 시물레이션을 이용하였다.

2. GIS분석 모델

계층적 방법이 결정되면 각 단계 별 결과를 도출하기 위해 GIS 모델을 구축하여야 한다. 구축한 GIS분석모델은 [그림 3]과 같다. [그림 3]에서 도로망도를 재분류하여 2차선이상의 도로망도를 만들고 300m 이내의 버퍼존을 정하였으며 적정 경사도와 향분석은 등고선레이어로부터 DEM을 구축하고 적정경사 20%이내지역을 재분류하였다. 향분석은 S, SW, SE, E, W향을 재분류하며 경사만족지역과 중첩시켜 공통 지역을 도출하고 천안시의 도시기본계획도로로부터 보전지구이외의 지역을 추출하였다. 또한 수치지도로부터 건물 폴리곤을 추출하여 200m 버퍼존을 정하고 이들을 중첩하여 개발

가능지역을 얻었다. 이 가능지역은 도로망 버퍼존과 물리적 적정지역과의 중첩을 통해 후보지역을 얻었으며 결정된 후보지역에 포함된 필지 별 공시지가를 충청남도DB를 검색하여 후보지 별 총 공시지가를 결정하였다.

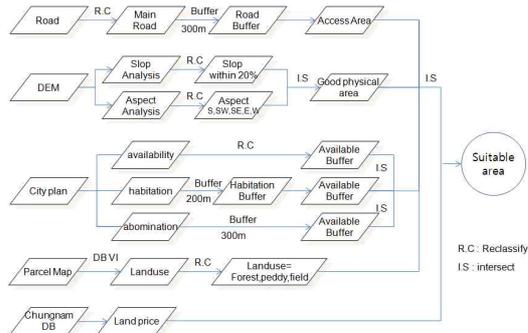


그림 3. 속성 및 공간분석 모델

이상의 정량적 평가요소에 3D 지형 모델로부터 주관적인 평가를 고려하여 평가지표를 결정하였으며 최종적인 후보지를 선정 하였다.

3. GIS 분석

3.1 접근성

도로중심선으로부터 버퍼존을 형성하여 접근성이 양호한 지역을 선정하였다. ArcGIS 9.3.1에서 1:1000 수치지도의 AD001레이어에서 추출한 도로망도에서 고속도로, 간선도로 등 왕복2차선 이상의 도로를 재분류하고 300m 버퍼 shape 파일을 만들었다. 얻어진 결과를 dissolve하고 기하학적인 오차가 없도록 점검하여 접근성을 고려하였다.

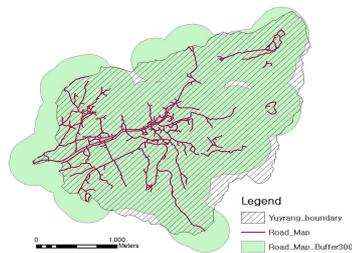


그림 4. 도로버퍼(300m)

3.2 경사와 향 적합지역 분석

물리적 경사도와 향분석을 통하여 양호한 지역을 추출하였다. 이를 위하여 수치지도로부터 1m 등고선 레이어를 추출하고 TIN을 제작하였다. 이때 경계폴리곤을 이용하여 연구대상지역 만을 클리핑하였다. 경사분석 시 TIN이 실수형이므로 원하는 0-20%경사를 하나의 범주로 정하고 정수형으로 얻어 재분류하였다. 중첩 분석을 위하여 래스터데이터를 폴리곤으로 변환하여 최종 적합한 경사도 지역을 얻었다.

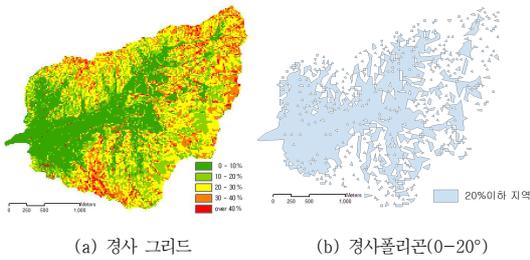


그림 5. 적합경사지역 폴리곤

향분석은 8방향으로 분석하고 S, SW, SE, E, W향을 하나의 분류코드로 통일시켜 적합한 향 주제도를 만들었으며 중첩분석을 위해 폴리곤으로 변환하였다.

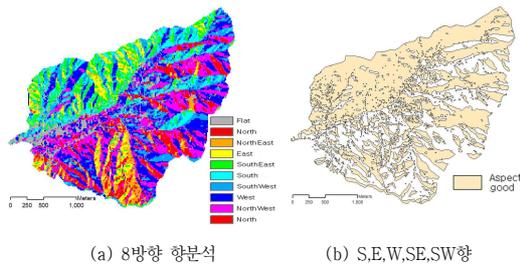


그림 6. 적합 향 지역 폴리곤

3.3 도시기본계획 및 기존 주거지를 고려한 개발가능 지역 분석

물리적, 공간적으로 적합한 지역이라 하더라도 도시계획상 개발제한 구역인 경우에는 어려움이 있다. 따라서 도시기본계획으로 개발가능지역을 추출해야 한다. 대상지역은 보전관리지역과 보전녹지지역을 포함하고

있으므로 이 두 지역을 제외한 개발가능지역을 추출하였다[그림 7]. 또한 택지는 주거를 위한 토지이용이므로 주유소, 유류저장시설, 쓰레기매립장, 환경시설 등으로부터 일정 거리를 이격시켜야 하나 연구지역에는 관련 시설이 없으므로 생략하였다. 또한 인근 주거단지로부터 일정한 거리가 있어야 수요가 발생하므로 수치지도로부터 주거지역 폴리곤을 만들어 200m 버퍼존을 만들었다. 도시계획지역으로부터 버퍼존을 제외한 지역을 추출한 결과 [그림 8(b)]와 같은 개발가능지역을 얻을 수 있었다.

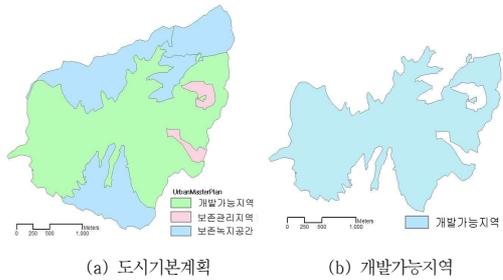


그림 7. 도시기본계획 상 개발가능지역

이들 두 주제도[그림 7(b)]와 [그림 8(b)]는 shape 파일로 만들었으며 상호 중첩분석을 통해 상호조건을 만족하는 지역을 추출하였다.

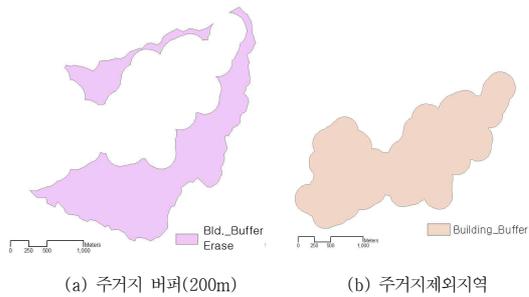


그림 8. 기존 주거지를 고려한 개발가능지역

3.4 토지이용도 분석

수치지적도의 지면과 함께 표시되어 있는 지목을 DB VI에서 분리하여 별도의 Land_Use 필드를 만들고 지목을 입력하였다. 지적도에 표시되는 총 28가지 지목

중 연구대상지역은 18가지를 포함하고 있다. 만들어진 Land_Use필드는 원 지적도의 속성테이블과 결합시켜 지목속성을 갖는 수치지적도를 만들었다. 또한 개발에 따른 토지보상가의 비중이 크므로 가능한 공시지가가 저렴한 진, 담, 임야 지목을 재분류하였으며 이를 dissolve 하여 [그림 9]와 같은 대상지역을 얻었다.

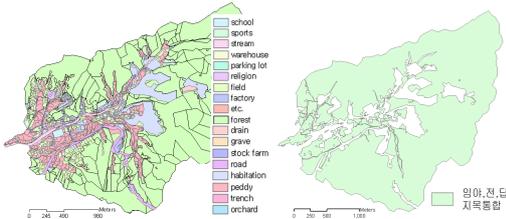


그림 9. 토지이용주제도와 임야,전,담 지역

3.5 속성 및 공간분석에 의한 후보대상지 결정

이상으로 얻어진 shape 파일을 모델링 순서에 따라 우선 경사와 향 그리고 도로버퍼 300m의 조건을 만족하는 Slop_Aspect_Road.shp를 구하였다. 도출된 지역 중 도시계획상 개발행위가 가능한 지역(Slop_Aspect_Road_Util.shp)을 구하였으며 이 중 지목이 임야, 전, 담을 만족하는 지역(Slop_Aspect_Road_Util_LandUse.shp)을 구하였다. 다음 단계로 [그림 8]에서와 같이 기존의 주거밀집지역으로 부터 200m버퍼를 제외한 지역과 Slop_Aspect_Road_Util_LandUse.shp를 중첩하여 공통 최종의 적지를 결정하였다[그림 10].

그러나 후보대상지역은 지적폴리곤들이 산재해 있어 지적필지를 고려하여 사업기준면적인 30,000m² 이상이 되도록 군집화가 필요하다. 이를 위해 최종결과와 지적도를 병합하여 CAD파일로 변환하고 AutoCAD상에서 후보지 폴리곤을 작성하였다. 그 결과는 [그림 12]와 같다. 후보지는 3곳으로 함축되었고 범위 내에 최종적지가 아닌 부분도 있으나 보전지역이나 위험 및 혐오시설 지역이 아니므로 물리적으로 조건을 충족시키도록 시공 중에 해결할 수 있을 것이다.

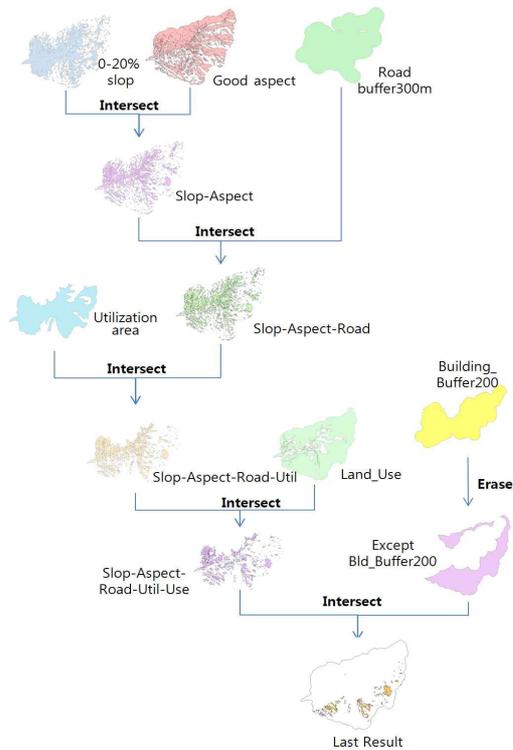


그림 10. 최적후보지 산출단계

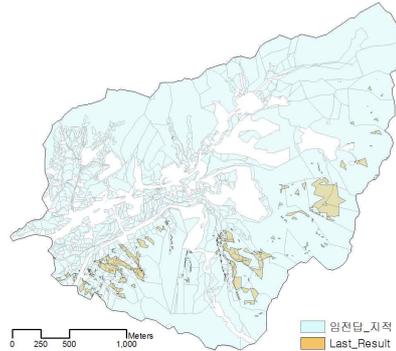


그림 11. 최종 후보필지 폴리곤

A지역은 26필지 36,051m², B후보지는 9필지 45,411m², C후보지는 3필지 64,180m²의 면적을 가지고 있다. 후보지 A의 경우 가장 많은 26개 필지를 포함하고 있으며 부분편입용지는 7필지, 후보지 B는 9필지에 부분편

입 용지 1필지, 후보지 C는 3필지 모두가 부분편입필지이다.

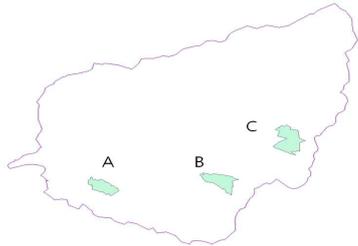


그림 12. 후보필지 군집화

4. 경관분석

4.1 지형의 3차원 모델링

이상의 분석은 적지선정을 위한 정량적 평가가 중심이었다. 적지선정에 있어 주관적인 평가지표는 대부분 고려되지 않으나 본 연구에서는 전문가 그룹의 자문으로 평가지표를 정하여 고려하였다. 대상지의 경관분석이 그 대표적인 예인데 이는 인간이 느끼는 심미적인 면을 평가지표로 표현해야한다는 어려움이 있다. 계량화하기 힘든 기준을 일대일 설문을 통해 전문가에게 제시함으로써 전문가가 보유하고 있는 감성적 측면의 적용을 통해 기존의 방법을 보완해 주며 유사하게 관련된 결정기준을 보다 효과적으로 판단하여 선택할 수 있다 [12].

이를 위하여 후보대상지의 3차원 지형모델을 구축하고 시뮬레이션을 통해 정성적인 분석을 시도하였다. 지형모델은 DEM과 기하보정된 수치항공영상(0.5m)으로 모델링하였으며 각 후보지의 위치를 나타내기 위해 앞에서 도출한 세 곳의 후보지 폴리곤을 모델과 중첩하였다[그림 13]. 제작된 모델을 이용하여 시뮬레이션을 통해 경관 및 조망을 분석하였으며 각 후보지에서의 경관은 [그림 14]와 같다.

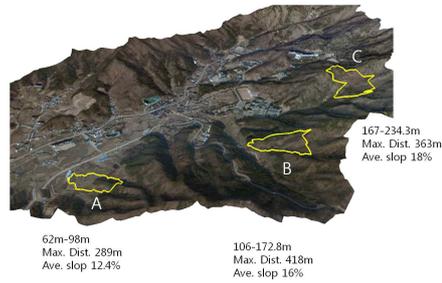


그림 13. 최종 후보지(대안)

4.2 정성적 분석

최종 후보지 별 공시지가와 3차원 후보지 별 정성적인 평가를 정량화하여 평가지표를 정하고 각 후보지 별 평가점수를 계산하였다. 공시지가는 한국토지정보시스템(KLIS)으로부터 검색하여 얻었다.

최종적으로 도출된 후보지는 [표 2]에서 제시한 조건을 만족하는 지역이다. A,B,C 후보지에서 최종적지를 선정하기 위해 고려해야하는 지표는 평균경사도, 평균 공시지가, 경관, 개발가능면적 4가지로 정하였으며 이는 계층도에서 우선순위에 의한 것이다. 평가지표는 각 항목마다 2점을 기준으로 하였으며 평균공시지가는 전문위원회의 결정에 의하여 가중치 2를 부여하였다.

표 3. 각 후보지별 평가지표에 따른 평가점수

	평균 경사도 % (S)	평균 공시지가원/ m ² (F)	경관 평가 (B)	개발가능 면적 m ² (A)	총점
후보지A	12%	114,727	매우 좋음	36,051	5.2
후보지B	16%	15,565	보통	45,326	7.2
후보지C	18%	6,109	좋음	64,180	8.4

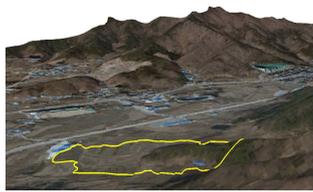
$$Total = S_S + 2S_F + S_B + S_A \quad (1)$$

$$S_S: 12\% \rightarrow 2, 16\% \rightarrow 1.2, 18\% \rightarrow 0.8$$

$$S_F: A \rightarrow 0.2, B \rightarrow 1.6, C = 2$$

$$S_B: \text{매우 좋음} \rightarrow 2, \text{좋음} \rightarrow 1.6, \text{보통} \rightarrow 1.2$$

$$S_A: A \rightarrow 0.8, B \rightarrow 1.6, C \rightarrow 2.0$$



(a)후보지A



(a)후보지B



(a)후보지C

그림 14. 각 후보지 경관

결과적으로 최적지는 총점 8.4를 얻은 후보지 C로 결정되었다. 평균경사도가 18%로 가장 큰 지역이지만 필지가 전부 임야이며 공시지가가 낮으므로 경제적인 토지매입이 가능할 것이다. 공시지가 기준으로 후보지 A의 매입가는 약 4,136백만원, 후보지 B는 705.5백만원, C는 392백만원으로 후보지 C가 A에 비해 10%에 불과하다. 세 후보지 중 가장 경사가 크고 표고가 높지만 시공에는 문제가 없으며 경사지를 고려한 시공은 가시권 및 일조권을 보장해주며 경관이 좋은 장점이 있다. 각 평가지표의 배점 및 가중치는 사업자가 어떤 인자에 비중을 두는가에 따라 달라지며 GIS분석 결과에 따라 가중치를 고려하면 된다. 그러나 이러한 가중치를 얼마로 정하는가는 매우 중요한 일이며 실무자와 전문가가 참여하여 신중하게 결정할 필요가 있다.

5. 결론

이상의 연구를 통해 계층적 GIS분석 모델링에 의한

주거지개발 적지선정 공간분석을 실시하여 대상지역 내 최적의 주거지역 선정을 합리적으로 할 수 있었다.

공간분석을 통해 3개의 후보지를 선정하고 평가지표에 의해 평가한 결과 평가점수 8.4를 얻은 후보지 C가 가장 최적지로 결정되었다. 특히, 본 연구에서는 평가지표에 대상지의 3차원 지형모델링을 이용하여 전문가그룹의 경관분석 평가를 고려하였으며 계층적 분석평가를 적용하여 보다 현실적인 적지선정이 가능하였다.

연구내용에서 기술한 것과 같이 적지선정은 많은 단계의 복잡한 GIS분석을 거치는 작업이므로 향후 데이터 일괄처리기법을 이용한다면 신속하고 경제적인 것이다.

참 고 문 헌

[1] J. H. von Thünen, "Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie," hrsg. und unter Benutzung unveröffentlichter Texte kommentiert von H. Lehmann in Zusammenarbeit mit L. Werner, Berlin, 1990.

[2] <http://www.answers.com/topic/weber-s-theory-of-industrial-location>

[3] C. D. Tomlin and J. K. Berry, "A Mathematical structures for cartographic modelling in environmental analysis," Proceedings of the 39th Symposium of the American conference on surveying and Mapping, Washington, D.C., March, pp.269-284, 1979.

[4] C. D. Tomlin, "Cartographic modelling," Geographical information systems. Vol.1, principles, pp.361-374, 1991.

[5] T. L. Satty, "Hierarchies and Priorities," Chapter 8 of "The Thinking With Models:Mathematical Models in the Physical and Social Sciences," by Satty T.L. and Alexander J.M. Pergammon Press, Oxford,

pp.148-155, 1988.

[6] 이석형, “AHP를 이용한 의약물류센터의 최적입지선정방안”, 한양대학교 학위논문, 1999.

[7] 금기정, “계층분석법(AHP)를 이용한 어린이 보호구역의 교통안전 특성화”, 대한토목학회 논문집, 제19권, III-1호, pp.27-35, 1999.

[8] Abolghasem Sadeghi Niaraki, “Implementation of the Resulting coast Model of Road Network in the GIS,” ISPRS Proceeding, p.538, 2004.

[9] T. Roh, “Construction od Decision Support System for Route Location Based on GIS,” ISPRS Proceeding, pp.555-566, 2008.

[10] ESRI, “3D analyst” ArcGIS Desktop 9.1 Manual, 2006.

[11] 한승희, 김성길, “공간정보분석기법을 이용한 적지분석”, 한국산학기술학회지, pp.5207-5215, 2010.

[12] H. Lee, J. Kang, and S. Han, “The Efficient Route Selection Using Analytic Hierarchy Process,” The Korea Society of Civil Engineers, Vol.21, No.1-D, pp.145-152, 2001.

저 자 소 개

한 승 희(Seung-Hee Han)

정회원



- 1984년 2월 : 충남대학교 토목공학교육과(공학사)
- 1987년 2월 : 충남대학교 토목공학과(공학석사)
- 1993년 2월 : 충남대학교 토목공학과(공학박사)

- 1993년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 건설환경공학부 교수
- 1997년 8월 ~ 1998년 7월 : Univ. of NSW Research professor
- 현재 : 대한토목학회 편집위원
- 현재 : 한국지형공간정보학회 편집위원

<관심분야> : 위성사진측량, GPS, GIS, 3차원 지형모델